

## 明細書

## エレベータの制御装置

技術分野

この発明はエレベータの制御装置に関し、特に、機器が熱的に過負荷状態に陥ることを防止するエレベータの制御装置に関する。

背景技術

負荷や移動距離に応じて昇降機等で用いられる電動機に与える速度パターン等を変更して、加減速度や最高速度を調整する制御装置において、機器が熱的に過負荷状態に陥ることを防止するための制御装置が開発されている。

従来のこの種のエレベータ制御装置に関する技術については、例えば特開2002-3091号公報に示されており、その構成はエレベータの運行制御を行う主制御装置と、電動機を駆動する動力駆動装置と、エレベータの駆動によって発熱する機器に対して設置された温度検出器とからなる。主制御装置は温度検出器の温度検出結果に基づいて、機器が発熱により運転不能状態に陥る前に負荷抑制運転を行うことにより機器の温度上昇を抑え、運転不能状態に陥ることを回避する。該従来の技術では、温度検出結果またはその変化率と、機器の限界温度とを比較することにより機器の負荷状態を判定し、負荷抑制運転に切替えることにより、運転不能状態に陥ることを回避する。

また、負荷に応じて電動機の加減速度および最高速度を調整する従来の制御装置は、例えば特開平7-163191号公報で示されており、負荷と移動距離に応じて電動機に与える速度パターン等を変更して、加減速度を調整するエレベータの制御装置については特開平9-267977号公報にその記載がある。

上述した従来の制御装置では機器が駆動可能な限界温度に達する前に負荷抑制運転に切替えることによって機器の温度上昇を抑え、運転不能による運行効率の低下を防いでいる。しかしながら、負荷抑制運転への切替えを温度検出器の出力結果またはその時間変化率などで判断しているため、将来の温度上昇量が正確に

は推定できず、そのため負荷抑制運転に切替えるタイミングは必ずしも適切ではなく、これにより運行効率の低下が発生してしまうという問題点があった。

### 発明の開示

この発明はかかる問題点を解決するためになされたものであり、機器の連続的な温度状態を予測計算することにより、将来の機器の温度状態をより正確に推定し、これによって、速度パターンまたは運行パターンを適切に切替えて、駆動可能な温度限界を超えることのない範囲で高い運行効率で運行できるエレベータの制御装置を提供することを目的とする。

この発明は、エレベータの運行を制御する主制御装置を備えたエレベータ制御装置であって、前記主制御装置は、エレベータの所定の構成機器の連続的な温度状態を予測計算し、その予測された温度状態に基づいて当該構成機器が過負荷とならないようにエレベータの運行制御を行う。

また、この発明は、前記所定の構成機器の温度を検出する温度検出器と、前記所定の構成機器に関する所定の変化量（駆動入力量または温度上昇量）を入力する変化量入力手段をさらに備え、前記主制御装置は、前記温度検出器によって検出された検出温度と前記変化量入力手段により入力された前記変化量とを用いて、当該構成機器の連続的な温度状態の予測値を計算する。

この発明によれば、エレベータの所定の構成機器の連続的な温度状態を予測計算することにより、将来の機器の温度状態をより正確に推定し、これによって、速度パターンまたは運行パターンを適切に切替えて、駆動可能な温度限界を超えることのない範囲で高い運行効率でエレベータを運行することができる。

### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の実施の形態1～3に係るエレベータの制御装置の構成を示した構成図である。

図2は、本発明の実施の形態1に係るエレベータの制御装置の速度パターン選択手順を示したフローチャートである。

図3は、本発明の制御対象となる一般的なエレベータの速度パターンとインバ

ータ電流値との関係を示した説明図である。

図4は、本発明の実施の形態2に係るエレベータの制御装置におけるデータテーブルの一例を示した説明図である。

図5は、本発明の実施の形態2に係るエレベータの制御装置の速度パターン選択手順を示したフローチャートである。

図6は、本発明の制御対象となるエレベータの時間帯毎の乗客数または起動回数の統計データを示した説明図である。

図7は、本発明の実施の形態3に係るエレベータの制御装置におけるデータテーブルの一例を示した説明図である。

図8は、本発明の実施の形態3に係るエレベータの制御装置における他のデータテーブルの一例を示した説明図である。

図9は、本発明の実施の形態3に係るエレベータの制御装置の運行モード選択手順を示したフローチャートである。

図10は、本発明の実施の形態3に係るエレベータの制御装置の運行モード更新時の計算量を減らすための方法を示した説明図である。

### 発明を実施するための最良の形態

#### 実施の形態1.

以下、この発明の一実施の形態の構成について図1を参照しながら説明する。

図1は、この発明の実施の形態1にかかるエレベータの制御装置および制御対象のエレベータシステム全体の構成を示した構成図である。この図において、主制御装置1はエレベータの運行を制御する装置であり、上述の従来の装置とその機能が異なる。動力駆動装置2は、例えば、インバータ等から構成され、主制御装置1からの指令を受けて電動機を駆動するための装置である。電動機4は巻上機5を回転させることによりロープを介して結合されたカゴ6と釣合い錘7を昇降させる。動力駆動装置2にはその温度状態を検出する温度検出器3が設置されている。また、カゴ6にはカゴ内の負荷を検出する秤8が設置されている。動力駆動装置2、温度検出器3、電動機4、巻上機5、カゴ6、釣合錘7、秤8は従来装置のものと同様である。なお、温度検出器3により温度上昇を監視すべき機器

としては、他に、電動機やインバータ素子等があるが、本実施の形態では動力駆動装置 2 を例にとって説明する。

次に、本実施の形態の動作について説明する。

主制御装置 1 は温度検出器 3 からの出力を受けて、予め設定された温度モデルに従って機器の温度状態を計算し、温度が過大とならないように運行を制御する。運行制御の方法としては放熱ファンやヒートパイプなどの冷却装置を作動させて該当機器の温度を下げたり、カゴの速度、加減速度、ジャーク（加減速度変化率）を変更することによって負荷抑制運転を行うことなどが挙げられる。なお、温度検出器 3 を設置しない場合については温度検出器 3 の出力の代わりに適切な初期温度状態を設定する。これは例えば、該当エレベータが設置されている地域の典型的な 1 日の平均気温を設定してもよいし、各時間帯における平均気温として設定してもよい。さらに、温度状態の変化量のみが重要な場合には初期温度は設定する必要はなく、温度上昇量のみを計算すればよい。

つぎに、本実施の形態の動作手順を図 2 を参照しながら説明する。

まず、ステップ ST 2 1 では乗客のカゴ呼びが登録され、行き先階が登録される。このとき、カゴ 6 に設置された秤 8 によりアンバランス量（カゴ負荷）が計算され、現在カゴ 6 が停止している階から次に停止を予定している行き先階までのカゴ 6 の移動距離が計算される。

つぎにステップ ST 2 2 ではカゴ 6 またはカゴ 6 を駆動する電動機 4 の速度パターンを設定するために必要な最高速度、加減速度、ジャークの初期値が設定される。加減速度、最高速度、ジャークについてはそれらが設定可能な組合せが複数組存在し、初期値はこの複数組の中から選ばれる。初期値は前回駆動時に設定された値を設定してもよいし、設定可能な値の中での最大値を指定してもよいし、設定可能な値の中の中間値等に設定するなど、製造者又はユーザの判断、もしくは、使用条件、使用環境等によって適宜設定される。

ステップ ST 2 3 では温度検出器 3 によって動力駆動装置 2 の温度  $T_0$  が検出され、主制御装置 1 へ入力される。前述のように温度検出器 3 を必要としない場合は、このステップ ST 2 3 は省略または適当な初期値が設定される。

ステップ ST 2 4 では、所定の温度モデルに従って駆動後の将来の機器の温度

(連続的な温度状態) の予測値が算出されるが、この温度モデルとそれを用いた温度の計算方法について以下で説明する。

まず、該ステップST24の温度モデルについて説明する。

本実施の形態では温度モデルは、ステップST23によって検出された該当機器の検出温度 $T_0$ と、当該機器を駆動する駆動入力量の関数として表される場合について説明するが、その場合に限らず、例えば、時間あたりの起動回数や乗客数等の関数として表すこともできる。モデル形式の一例として伝達関数モデルで表した1次遅れ系モデルや2次遅れ系モデルがある。温度モデルの例として1次遅れ系で表した場合には次式1で表される。以下、この例について説明する。本実施の形態で対象とする機器はインバータであり、その駆動入力量は電流である。

$$式1: T(s) = \frac{a_0}{(1 + \tau_1 s)} i(s) + (T_0 - T_b)$$

上式において $s$ はラプラス演算子を表し、上式は温度モデルをラプラス変換したものである。 $T(s)$ は該当機器の予測温度、 $i(s)$ はインバータ電流値の絶対値量である。また、 $\tau_1$ は時定数である。ここで $T_b$ は前回の駆動時に計算された温度計算値であり、その計算法は後に示す。

また、温度モデルとして次式2のような伝達関数を設定してもよい。式2は式1に比べて計算量が多いが、近似精度が良くなる。なお、式2は分母が3次、分子が2次のモデルであるが、それぞれの次数は分母の次数が分子次数以上であるという制約の中で任意に設定することができる。

$$式2: T(s) = \frac{a_0(1 + \tau_4 s)(1 + \tau_5 s)}{(1 + \tau_1 s)(1 + \tau_2 s)(1 + \tau_3 s)} i(s) + (T_0 - T_b)$$

これらの時定数またはパラメータ値 $a_0$ 、 $\tau_1$ 、 $\dots$ 、 $\tau_5$ は予め一定の負荷条件でエレベータを駆動したときの電流値と温度上昇量を計測しておき、それらの値から最小自乗近似などによる実験的手法等により設定することができる。

なお、式 1 は時間領域で表すとつぎの微分方程式で書ける。

$$\text{式 3 : } \begin{cases} \dot{x}(t) = -1/\tau_1 x(t) + i(t) \\ T(t) = a_0/\tau_1 x(t) + (T_0 - T_b) \end{cases}$$

ここで  $x(t)$  は中間変数である。また、一般に式 1 や式 2 のような伝達関数は時間領域で上式 3 のような微分方程式で表されることよく知られており、その解は式 3 の場合は次式 4 で表され、他の伝達関数の場合でも類似の形式で表される。

$$\text{式 4 : } T(t) = a_0/\tau_1 e^{-1/\tau_1 t} x(0) + \int_0^t a_0/\tau_1 e^{-1/\tau_1(t-\tau)} i(\tau) d\tau + (T_0 - T_b)$$

通常、エレベータが 1 回昇降したときの速度パターンは図 3 の A のようになり、そのときのインバータ電流パターンは、図 3 の B のようになるが、この大きさの時間平均を取った図 3 の C のようにして、 $i(t)$  を一定値関数として近似することで入力関数が簡単になるので（式 4 参照）、温度モデルからインバータ温度の計算が簡単になり、より安価な計算機で実現可能になる。ステップ ST 2 4 の温度モデルの説明は以上の通りである。

次に、ステップ ST 2 4 の駆動後の機器の温度の算出方法を説明する。

まず、ステップ ST 2 2 で設定されたカゴ 6 の最高速度、加減速度、ジャークの初期値から速度パターンが計算される。次に、前記速度パターンに従って電動機が巻上機を駆動するために必要なトルクパターンが前記アンバランス量とエレベータの力学モデルとから計算できる。つぎに、前記トルクパターンと前記速度パターンに従って電動機 4 を駆動するために必要なインバータ電流値が電動機モデルから計算される。

次に、このインバータ電流値を前述した温度モデルの入力値として機器の予測温度を計算する。このとき、前述したように電流値を一定値  $i(t)$  に近似することで伝達関数の逆ラプラス変換が簡単になるため、温度の時間応答が計算しや

くなる。このときの応答の時間区間を  $T_d$  とすると  $T_d$  は任意に設定できるが、少なくとも入力値が零ではない間の温度は計算する必要がある。また、温度モデルに時間遅れが存在する場合や温度モデルの時定数が大きい場合には入力値が零になった後にも温度が上昇する場合があるため、 $T_d$  は長くとるようにする。

なお、式 4 で温度値を計算する場合に、初期値  $x(0)$  はエレベータの運行が初めてのときは零であるが、2回目以降の運行では前回の運行時に計算して求めた  $x(T_d)$  と置きかえる。また  $T_0$  についてもエレベータの運行が初めてのときは零であるが、2回目以降の運行では前回の運行時に計算して求めた  $T(T_d)$  に置きかえる。 $T_0 - T_d$  は温度の補正項となっており、温度モデルにしたがって計算された温度予測値と実際の温度とのずれを吸収するはたらきがある。つまり温度検出器の出力を用いることにより温度状態の推定が正確になる。

ステップ ST 2 5 ではステップ ST 2 4 で計算された機器の予測温度が予め設定された許容範囲内に入っているかを判定する。判定は前記ステップ ST 2 2 で計算された時間応答区間 ( $0 \leq t \leq T_d$ ) での最大値や実効値や平均値、または  $T(T_d)$  が許容範囲内に入っているかで判定する。この許容範囲には上限値と下限値が設定されている。判定の結果、許容範囲内であれば、設定された加減速度、最高速度、ジャークでエレベータの運行を開始する。許容範囲内に入っていない場合には、ステップ ST 2 6 の処理に進む。温度上限値は機器が発熱により駆動不能にならない温度が設定されており、エレベータが運転不能状態に陥ることを防止する。また、下限値はエレベータの運行効率を下げすぎないために設定されている。なお、設定可能な中で、最も大きな加減速度、ジャーク、最高速度が設定されていることを考慮して、なおかつ温度計算結果が下限値以下の場合には、ステップ ST 2 6 に処理を移行せずに、ステップ ST 2 7 で、設定された加減速度、最高速度、ジャークでエレベータの運行を開始するようにしてもよい。

ステップ ST 2 6 では、加減速度、最高速度、ジャークの値を再設定する。一般に高速、高加減速度、高ジャークでエレベータを運転すると、電流値が大きくなるため温度上昇が大きくなる傾向がある。したがって、温度上限値を超えていた場合には加減速度、ジャーク、最高速度を前回に設定されていたものよりも小さな値の組に再設定する。また、下限値が設定されており、これを下回っていた

場合には加減速度、ジャーク、最高速度を前回に設定されていたものよりも大きな値の組に再設定する。その後、S T 2 4 の処理に戻る。

例えば次の2通りの加減速度、ジャーク、速度の組合せ S 1、S 2 があった場合、 $S 1 = (\alpha 1, \beta 1, v 1)$ 、 $S 2 = (\alpha 2, \beta 2, v 2)$  の大きさの比較方法として加減速度  $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ 、ジャーク  $\beta 1$ 、 $\beta 2$ 、最高速度  $v 1$ 、 $v 2$  のいずれかの大きさで順位付けを行ってもよいし、それぞれの値からなる関数を定義し、その大きさで比較してもよい。また、S 1 と S 2 に対して計算された速度パターンを発生させる機器への入力量の時間平均値を計算し、その大きさで両者の大きさを比較してもよい。

なお、上記では加減速度の値（加速、減速）、およびジャーク値（起動から加速時、加速から一定速、一定速から減速、減速から停止）を同じ値とした例で示したが、異なっていてもよい。

本実施の形態では、動力駆動装置 2 の過負荷を防止するために温度検出器 3 を動力駆動装置 2 に設置した例を説明したが、巻上機 5 に設置して本発明を適用すれば巻上機 5 の過負荷を防止できることは言うまでもない。

以上のように、本実施の形態によれば、温度モデルによって機器の将来の予測温度を計算することで、熱時定数の大きさに関わらず精度良く将来の温度上昇が予測でき、その温度が上限値を超えないように運行制御が行われるため、熱的な過負荷運転によりエレベータの運転を停止することを回避できる。さらに、温度許容値に下限を設けることによって、熱的に機器に余裕のあるときには、高速度、高加減速度、高ジャーク運転に切り換わるように運行制御されるので運行効率が高くなるという効果がある。

## 実施の形態 2.

本実施の形態では、主制御装置 1 内に、図 4 に一例を示すようなデータテーブルが格納されている。他の構成については図 1 と同様であるため、図 1 を参照し、ここではその説明を省略する。当該データテーブル 10 は、カゴ 6 内の負荷、カゴ 6 の移動距離、および、カゴ 6 の速度パターン（カゴ 6 の加減速度、最高速度、ジャーク）を入力とし、前記速度パターンに対するカゴ 6 の移動時間および動力

駆動装置 2 を駆動するための駆動入力量を出力とするデータテーブルを有する。このデータテーブル 10 はカゴ 6 の移動距離に応じて p 個に分けられる。p はカゴの移動しうる距離の分（階床数）だけ持つ。移動距離 L\_k (1 ≤ k ≤ p) に対するデータテーブル 10 は、さらに、カゴ負荷 H\_i (1 ≤ i ≤ N) と速度パターン ( $\alpha_{i,j,k}$ ,  $\beta_{i,j,k}$ ,  $v_{i,j,k}$ )、(1 ≤ j ≤ M) に対して、カゴ 6 の移動時間 W\_{i,j,k} と機器への駆動入力量 U\_{i,j,k} を出力する。カゴ負荷の組合せは N 個存在するが、これは取りうる負荷に応じて適切に分割し、例えば乗客定員数と同じ値に設定する。速度パターンは、カゴ 6 の加減速度  $\alpha_{i,j,k}$ 、ジャーク  $\beta_{i,j,k}$ 、最高速度  $v_{i,j,k}$  を要素とし、( $\alpha_{1,k}$ ,  $\beta_{1,k}$ ,  $v_{1,k}$ ) は高速、( $\alpha_{2,k}$ ,  $\beta_{2,k}$ ,  $v_{3,k}$ ) は中速、( $\alpha_{3,k}$ ,  $\beta_{3,k}$ ,  $v_{3,k}$ ) は低速モードのように複数組設定されている。

なお、ここで出力値であるカゴの移動時間 W\_{i,j,k} は、カゴ負荷、速度パターン、移動距離から計算可能である。また、機器への駆動入力量 U\_{i,j,k} も実施の形態 1 で述べたとおり計算可能である。これらにより、上記のデータテーブル 10 は予めテーブル化しておくことが可能である。

つぎに、本実施の形態の動作手順を図 5 を用いて説明する。なお、実施の形態 1 と同じ処理を行うブロックは図 2 のブロックと同一の符号を記し、その説明を省略する。

図 5において、図 2 で示したステップ ST 2 1 および ST 2 3 の後に、ステップ ST 5 1（候補抽出手段）では、前ステップ ST 2 1 で設定された移動距離 L\_k とカゴ負荷 H\_i に対して、図 4 のテーブルから、M 個すべての速度パターン ( $\alpha_{i,1,k}$ ,  $\beta_{i,1,k}$ ,  $v_{i,1,k}$ )、…、( $\alpha_{i,M,k}$ ,  $\beta_{i,M,k}$ ,  $v_{i,M,k}$ ) に対応する、移動時間と駆動入力量の組 ( $W_{i,1,k}$ ,  $U_{i,1,k}$ )、…、( $W_{i,M,k}$ ,  $U_{i,M,k}$ ) を候補として選択する。

ステップ ST 5 2（予測計算手段）では、前ステップ ST 5 1 で選択された駆動入力量とステップ ST 2 3 で検出された機器の温度を用いて実施の形態 1 のステップ ST 2 4 と同じ手順で機器の温度予測値を計算する。なお、駆動入力量はテーブルの値を用いればよい。これを、M 個全ての速度パターン ( $\alpha_{i,1,k}$ ,  $\beta_{i,1,k}$ ,  $v_{i,1,k}$ )、…、( $\alpha_{i,M,k}$ ,  $\beta_{i,M,k}$ ,  $v_{i,M,k}$ ) に対

して行う。ここで各速度パターン ( $\alpha_{i,j,k}$ 、 $\beta_{i,j,k}$ 、 $v_{i,j,k}$ ) 、  
( $1 \leq j \leq M$ ) に対して計算された予測温度を  $T_j$  とする。

ここでも、実施の形態 1 で述べたのと同じ理由で、駆動入力量のテーブル値を入力量の時間平均値としておけば、温度値の計算が簡単になり、より安価な計算機で実現可能になる。

ステップ ST 5 3 (許容範囲確認手段) では実施の形態 1 のステップ ST 2 5 と同様に前ステップ ST 5 2 で計算された温度値が許容範囲内に入っているかを判定し、許容範囲内に収まる候補を選択する。ただし、本実施の形態では許容範囲の下限は零とし、上限以下の速度パターンは全て選択する。

ステップ ST 5 4 (速度パターン決定手段) では、ステップ ST 5 3 で選択された各速度パターンに対して対応する移動時間  $W_{i,j,k}$  どうしを比較し、それが最小となる速度パターンを選択する。

以上のように、本実施の形態では温度上昇の許容範囲内で移動時間が最も小さくなる速度パターンが選択されることによって、エレベータの運行効率を高くすることができる。

また、本実施の形態では次のような効果もある。速度パターンに高速な速度パターンと低速な速度パターンが存在した場合、従来例では過負荷抑制運転に切替える際には、必ず低速な速度パターンが選択される。これは一般的に、低速な速度パターンと高速な速度パターンを比較すると、低速な速度パターンの方が移動時間が長い代わりに温度値が小さく抑えられる傾向にあるからである。しかし、高速な速度パターンの方が移動時間が短いため、トータルの駆動入力量が小さくなり、その結果、温度値も低く抑えられる場合も存在する。これは特に移動距離が長い場合に顕著である。従来例ではこのような場合でも低速な速度パターンが選択されるが、本発明では高速な速度パターンが選択される。したがって、適切に速度パターンの切り替えが行え、不必要に運行効率を下げずに温度上昇も抑えた運行を行うことができる。

また、ステップ ST 5 4 で次のようにすることもできる。

ステップ ST 5 3 で選択された速度パターンに対し、それぞれの速度パターンに対応する温度  $T_j$  と移動時間  $W_{i,j,k}$  を要素とする評価関数を最小化する速

度パターンを選択する。なお、評価関数を例えば  $T_j$  とした場合は温度上昇が最も小さくなる速度パターンが選ばれ、  $W_{i,j\_k}$  とした場合には許容範囲内で最も移動時間の短い速度パターンが選択される。また、  $a$ 、  $b$  を適当な正の値として  $a \times W_{i,j\_k} + b \times T_j$  とした場合には  $a$  と  $b$  の大きさを調整することによって、温度上昇量と移動時間のトレードオフが図れる。  $a$  を  $b$  に比べて大きくしていくと移動時間の小さい速度パターンが選択され、  $a$  を  $b$  に比べて小さくしていくと温度上昇の小さい速度パターンが選択される。

このようにすることで温度上昇量と移動時間のトレードオフを図ることができ、運行効率を大きく下げずに機器に余裕を持たせた運転を行うことができる。

また、本実施の形態では、この評価関数が時間帯や温度検出器の結果に応じて調整することができる。例えば温度検出器 3 の検出値が許容上限に近い場合には評価関数を温度を下げる側に調整し、また、温度余裕が大きい場合には評価関数を移動時間を下げる側に調整することによって温度と運行効率を時間帯に応じて調整できる。また、出勤時などの乗客数が多くなる時間帯の前に温度上昇を抑えるように評価関数を設定しておき、出勤時には運行効率を上げる側に評価関数を設定するようにしてもよい。これによって、混雑を緩和でき、待ち時間が短縮されることが期待できる。

以上のように、本実施の形態によれば、温度上昇量と移動時間のトレードオフを図ることができ、トータルの運行効率が改善することができる。

なお、本実施の形態では、図 4 に示したデータテーブル 10において、カゴ負荷および移動距離の組合せをそれらが取り得る値全てに対して設定したが、駆動入力量と移動時間が近い要素どうしをまとめるなどして減らしてもよい。これによりデータテーブルの容量が減り、主制御装置 1 の記憶容量を小さくすることができる。この場合のステップ S T 5 1 における運行パターンの選択は、ステップ S T 2 1 で計算されたカゴ負荷と移動距離に最も近いものを選択する。

なお、本実施の形態では駆動入力量を用いて温度状態を推定しているが、予め駆動入力量に対して温度上昇分を計算しておく、または、実機による試験などから起動回数や乗客人数に対して温度上昇分を求めておく等の方法を用いて、駆動入力量を用いることなく温度状態の推定を行うことができる。これにより、より

安価な計算機で実現可能になる。

### 実施の形態 3.

本実施の形態では、主制御装置 1 は予め定められた時間区間でのエレベータの乗客数（または起動回数）の統計データを持つ。これは、例えば、図 6 のような時系列データとして表される。なお、他の構成については図 1 と同様であるため、図 1 を参照し、ここではその説明を省略する。

図 6 は午前 0 時から翌日の午前 0 時までの 1 時間毎のエレベータの乗客数（または起動回数）を統計データとして表したものである。したがって時間区間は 1 日である。1 日というのは一例であり、適宜、設定する。このような統計データはエレベータの運行データを集計して作成することができる。また、オフィスやマンションでは統計データが大体決まった形になることが多いので、休日用と平日用の 2 種類のデータのみを持たせるようにしてもよい。

また、主制御装置 1 は、図 7 で表されるような複数（図では  $q$  個（ $q$  は 1 以上の任意の値））の運行モードのデータテーブル 2 0 を持つ。各運行モードではカゴの移動距離  $L^*$  とカゴ負荷  $H^*$  に対して、速度パターン（加減速度  $\alpha^*$ 、ジャーケ  $\beta^*$ 、カゴ最高速度  $v^*$ ）が設定されており、カゴ負荷と移動距離に応じて電動機 4 の能力を効率良く用いることができるよう設定されている。例えば、カゴ負荷が釣合錘 7 と釣合い状態にあるときには、高加減速度、高ジャーケ、高最高速度が設定されており、移動距離が長いところではカゴ最高速度が大きく設定されており、移動距離が短いところでは加減速度が大きく設定されている。なお「\*」は以降では適当な添え字を表す。また、運行モードはエレベータの輸送能力に応じて設定され、例えば、運行モード 1 は全体的に高最高速度、高加減速度、高ジャーケとし、運行モード 2 は運行モード 1 の 80% の値で、中最高速度、中加減速度、中ジャーケとし、運行モード 3 は運行モード 1 の 60% の値で、低最高速度、低加減速度、低ジャーケなどとして設定する。

また、図 8 で表されるような運行モードと単位時間当たりのエレベータの乗客数（または起動回数）  $P^*$  に応じた平均旅行時間（または平均待ち時間）  $w^*$  と機器への平均駆動入力量  $Q^*$  のデータ テーブル 3 0 を持つ。待ち時間とは乗客呼

びが発生してからその乗客がカゴ 6 に乗りこむまでの時間であり、旅行時間とは乗客呼びが発生してからその乗客が目的階に到着するまでの時間である。それらの乗客 1 人当りの平均値を求めたものが平均待ち時間および平均旅行時間である。平均駆動入力量  $Q^*$  は、総入力量の単位時間あたりの平均値である。一般性を失うことなく、 $P_1 < P_2 < P_3 < \dots < P_n$  とできる。上記データテーブル 30 は実際のエレベータの運行記録や乗客の発生モデル（数式モデル）等から計算機シミュレーション等により計算可能である。一般に、高加減速度、高ジャーク、高最高速度の場合は、平均旅行時間および平均待ち時間が小さくなるが、機器への駆動入力量が大きくなる。また、乗客数が多くなると、エレベータの起動回数が一般に多くなることから、機器への駆動入力量が大きくなる。また平均駆動入力量が大きいと機器への負荷が大きいことから温度上昇量が大きくなる。本発明では機器の負荷量と乗客の待ち時間または旅行時間のトレードオフをとりながら、機器が過負荷とならない範囲内で平均待ち時間または平均旅行時間を小さくする運行モードを選択するエレベータシステムを提供する。

その方法を図 9 のフローチャートを用いて説明する。以下では、図 6 の統計データを用いた場合について説明する。

まず、ステップ ST 91（運行結果入力手段）では現在時刻  $t_0$  が含まれる時間帯から適当な時間分を評価時間区間とし、その間の乗客数（または起動回数）を時系列で並べる。例えば現在時刻が 0 時、評価時間区間を 3 時間とすると、 $\{P_a, P_b, P_c\}$  となる。そして、温度検出器 3 により、機器の温度を検出する。

次に、ステップ ST 92（候補抽出手段）では前記の時系列データに対応して、図 8 から取り得る運行モードの組合せを全て列挙する。なお、数値が一致しない場合は最も近い値を選択する。運行モードが 3 通りある場合 ( $q = 3$ ) を例にとると、 $P_a, P_b, P_c$  に対してそれぞれ 3 つの運行モードを取り得るので、全部で 9 通りの組合せが存在する。そしてそれぞれの運行モードの組合せに対応する駆動入力量  $Q^*$  と、平均待ち時間（または平均旅行時間） $w^*$  の時系列データを作成する。

次に、ステップ ST 93（予測計算手段）では、前記のステップ ST 92 で列

挙された組合せのうち、駆動入力量に対応する時系列データから機器の温度状態を計算する。これについては実施の形態 1 で述べたステップ S T 2 4 と同様な方法で計算を行う。

ステップ S T 9 4 (許容範囲確認手段) では、前記ステップ S T 9 3 で計算された温度状態が許容範囲内に入っている運行モードの組合せ全てを候補として選択する。これは実施の形態 2 のステップ S T 5 3 と同様な方法で行う。

ステップ S T 9 5 (運行モード決定手段) では前記候補のうち、乗客の平均待ち時間 (または平均旅行時間) が最も小さくなる運行モードを決定する。これは次のようにして決定する。ステップ S T 9 4 で  $m$  個の候補が選ばれたとして、それぞれに対応した平均待ち時間 (または平均旅行時間) の時系列データを  $\{w_{a1}, w_{b1}, w_{c1}\}, \dots, \{w_{am}, w_{bm}, w_{cm}\}$  とすると、下記の次式 5 で計算された値  $J_k$  ( $1 \leq k \leq m$ ) のうち最も値が小さいものを運行モードとして決定する。

式 5 :

$$J_k = (P_a * w_{ak} + P_b * w_{bk} + P_c * w_{ck}) / (P_a + P_b + P_c), \quad 1 \leq k \leq m$$

以上で運行モードの設定が完了する (ステップ S T 9 6)。

このように、上記の各ステップに従って運行モードの設定を定期的に行う。この運行モードを設定する時間間隔は任意に設定できるが、短いほど温度の推定精度が高くなる。ただし、計算量が増えるので短くしすぎないようにする。例えば 1 時間毎に設定を行うようにする。

運行モードの設定が完了すると、乗客呼びの発生後、図 7 の対応表からカゴ負荷と移動距離に応じてカゴ速度、加減速度、ジャークが選定されエレベータの運行が行われる。

図 6 のような統計データにおいて、単位時間を短く、評価時間区間を長くすれば、温度状態の変化を細かく推定でき、先の温度状態や乗客量まで考慮してより効率のよい運行モードが選択されるが、単位時間を短く、または、評価時間区間

を長くしすぎると計算量が増えるため、両者はトレードオフで決める。

以上のように、本実施の形態では、エレベータの乗客数または起動頻度の統計データに応じて、機器の許容温度内で乗客の平均待ち時間または平均移動時間が小さくなるように時間帯に応じて運行パターンを適切に切替えるので、構成機器の駆動可能な温度限界を超えることのない範囲内で高い運行効率で運行することが可能になる。

また、オフィスやマンションなど1日の乗客数が時間帯によってある程度決まっている場合では統計データのばらつきが小さくなるので効果が大きい。出勤時や退勤時などの乗客数が多くなる時間帯では、待ち時間が小さくなるような運行モードが選ばれるため、乗客のイライラが少なくなる。また、評価する時間区間で待ち時間または旅行時間が小さくなるように運行パターンが選ばれるためトータルの運行効率が上がる。

なお、本発明の実施の形態1～3では、所定の構成機器の駆動入力量を用いて温度状態を推定しているが、予め駆動入力量に対して所定の構成機器の温度上昇量を計算しておく、または、実機による試験などから起動回数や乗客人数に対して所定の構成機器の温度上昇量を求めておく等の方法を用いて、駆動入力量を用いることなく、所定の構成機器の温度上昇量を用いて、温度状態の推定を行うこともできる。この場合の説明としては、上記の説明における駆動入力量の記載を、温度上昇量に置き換えるものとする。これにより、より安価な計算機で実現可能になる。

また、次の場合には運行モード更新時の計算量を減らすことができる。その一例を図10を用いて説明する。図10において、時刻t0で運行モードが設定されたとする。このとき評価時間区間は3単位分と設定されており、時刻t0、t1、t2、t3で区切られた各時間単位においてそれぞれ運行モードA、B、Cが本実施の形態の方法で設定されたとする。運行モードの更新区間が1単位に設定されているとすると、時刻t1で更新作業が行われ、時間区間t1～t2、t2～t3、t3～t4の運行モードが設定される。本方法では、このとき、ステップST92において前回の更新時で選ばれた時刻t1～t2間の運行モードB、および時刻t2～t3間の運行モードCは変更せず、時刻t3～t4の運行モー

ドのみを取り得る組合せの中から抽出して時系列データを作成する。

このようにする理由は、前回の更新時に選ばれた時刻  $t_1 \sim t_2$  間の運行モード B、および、時刻  $t_2 \sim t_3$  間の運行モード C は温度許容を満たす中で、待ち時間または移動時間を小さくするように選ばれたものであるから、今回の更新時に本方法を用いずに選定した場合でも選ばれる可能性が高いからである。本方法により、時系列データの組合せの数を減らすことができ、この例では 9 個から 3 個になる。

なお、これらの候補から計算された温度状態が許容範囲内に入らなかつたときにはステップ ST 9.2 に戻り、時刻  $t_1 \sim t_2$  間の運行モード B、および時刻  $t_2 \sim t_3$  間の運行モード C を変更した候補を作成するようにすればよい。

このように運行モードの時系列データを作成するときの評価時間区間が運行モードを再設定する更新時間よりも長い場合には、再設定を行うときには新たに追加される時間分のみの組合せを候補とすることによって計算時間を短縮することができる。

## 請求の範囲

1. エレベータの運行を制御する主制御装置を備えたエレベータ制御装置であつて、

前記主制御装置は、エレベータの所定の構成機器の連続的な温度状態を予測計算し、その予測された温度状態に基づいて当該構成機器が過負荷とならないよう

にエレベータの運行制御を行う

ことを特徴とするエレベータの制御装置。

2. 前記所定の構成機器の温度を検出する温度検出器と、

前記所定の構成機器に関する所定の変化量を入力する変化量入力手段をさらに備え、

前記主制御装置は、前記温度検出器によって検出された検出温度と前記変化量入力手段により入力された前記変化量とを用いて、当該構成機器の連続的な温度状態の予測値を計算する

ことを特徴とする請求項1に記載のエレベータの制御装置。

3. 前記所定の変化量は、前記所定の構成機器を駆動するための駆動入力量であることを特徴とする請求項2に記載のエレベータの制御装置。

4. 前記所定の構成機器は、前記主制御装置からの指令を受けて巻上機を回転させるための電動機を駆動させる動力駆動装置であり、

前記駆動入力量は当該動力駆動装置の電流値である

ことを特徴とする請求項3に記載のエレベータの制御装置。

5. 前記所定の変化量は、前記所定の構成機器の温度上昇量であることを特徴とする請求項2に記載のエレベータの制御装置。

6. 前記主制御装置は、複数の速度パターンを有しており、エレベータの前記所定の構成機器が過負荷とならないような速度パターンを選択することによって運行制御を行うことを特徴とする請求項1に記載のエレベータの制御装置。

7. 前記主制御装置は、

各々の移動距離に応じて、カゴ負荷と速度パターンとから求まるカゴ移動時間と前記構成機器に関する所定の変化量とを、それぞれ、カゴ負荷と速度パターンとによってテーブル化した第1のデータテーブルと、

移動距離およびカゴ負荷に基づいて、各速度パターンに対応するカゴ移動時間と変化量とをすべて前記第1のデータテーブルから候補として抽出する候補抽出手段と、

抽出された各前記変化量を用いて、各速度パターン毎に前記所定の構成機器の連続的な温度状態を予測計算する予測計算手段と、

予測計算された前記温度状態のうちで、所定の許容範囲内におさまる温度状態に対応する速度パターンを選択する許容範囲確認手段と、

選択された各当該速度パターンに対応するカゴ移動時間どうしを比較して、移動時間が最小となる速度パターンを選択する速度パターン決定手段と

を備えたことを特徴とする請求項6に記載のエレベータの制御装置。

8. 前記主制御装置は、前記第1のデータテーブルから出力された変化量を用いて計算された前記所定の構成機器の連続的な温度状態と、対応するカゴ移動時間とから定義される所定の評価関数を最小化する速度パターンを選択し設定することを特徴とする請求項7に記載のエレベータの制御装置。

9. 前記主制御装置は、予め定められた時間または前記温度検出器によって検出された温度状態によって前記評価関数を設定し直すことを特徴とする請求項8に記載のエレベータの制御装置。

10. 前記所定の構成機器の変化量を時間平均値とすることを特徴とする請求項

2に記載のエレベータの制御装置。

1 1. 前記主制御装置は、エレベータの単位時間当りの起動回数および単位時間当りの乗客数のいずれか一方の統計量の時間変化をもとに、前記所定の構成機器の連続的な温度状態を計算し、その温度状態に基づいて当該構成機器が過負荷とならないようにエレベータの運行制御を行うことを特徴とする請求項1に記載のエレベータの制御装置。

1 2. 前記主制御装置は、

カゴ内の負荷と移動距離とに応じて速度パターンを設定した運行モードを複数有し、

前記運行モードごとの前記統計量から求めた平均変化量と平均待ち時間とを、それぞれ、前記統計量と前記運行モードとによってテーブル化した第2のデータテーブルと、

所定の評価時間区間の単位時間当りの起動回数および単位時間当りの乗客数のいずれか一方の運行結果を入力する運行結果入力手段と、

前記運行結果入力手段により入力された前記運行結果に基づいて、前記第2のデータテーブルから、各運行モードに対応する平均変化量と平均待ち時間とを抽出する候補抽出手段と、

抽出された各前記平均変化量を用いて、各運行モード毎に前記所定の構成機器の連続的な温度状態を予測計算する予測計算手段と、

予測計算された前記温度状態のうちで、所定の許容範囲内におさまる温度状態に対応する運行モードを選択する許容範囲確認手段と、

選択された各当該運行モードに対応する平均待ち時間どうしを比較して、平均待ち時間が最小となる運行モードを選択する運行モード決定手段とを備えたことを特徴とする請求項1 1に記載のエレベータの制御装置。

1 3. 前記主制御装置は、

カゴ内の負荷と移動距離とに応じて速度パターンを設定した運行モードを複数

有し、

前記運行モードごとの前記統計量から求めた平均変化量と平均旅行時間とを、それぞれ、前記統計量と前記運行モードとによってテーブル化した第2のデータテーブルと、

所定の評価時間区間の単位時間当たりの起動回数および単位時間当たりの乗客数のいずれか一方の運行結果を入力する運行結果入力手段と、

前記運行結果入力手段により入力された前記運行結果に基づいて、前記第2のデータテーブルから、各運行モードに対応する平均変化量と平均旅行時間とを抽出する候補抽出手段と、

抽出された各前記平均変化量を用いて、各運行モード毎に前記所定の構成機器の連続的な温度状態を予測計算する予測計算手段と、

予測計算された前記温度状態のうちで、所定の許容範囲内におさまる温度状態に対応する運行モードを選択する許容範囲確認手段と、

選択された各当該運行モードに対応する平均旅行時間どうしを比較して、平均待ち時間が最小となる運行モードを選択する運行モード決定手段と

を備えたことを特徴とする請求項1-1に記載のエレベータの制御装置。

図 1

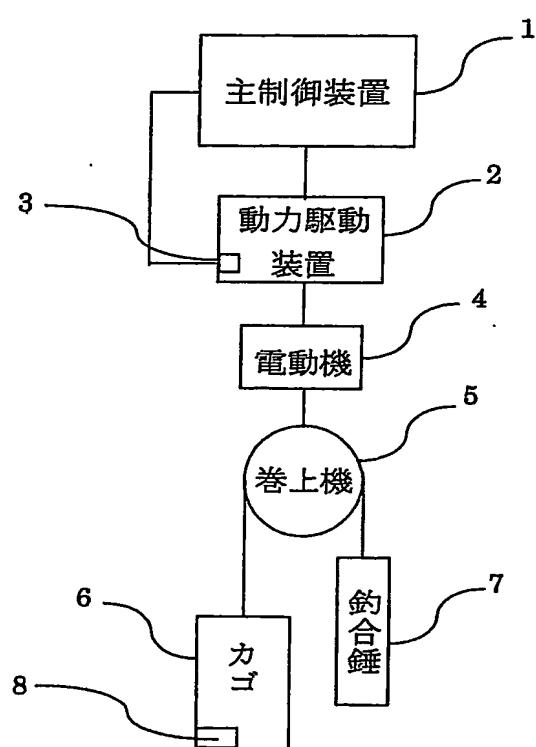


図 2

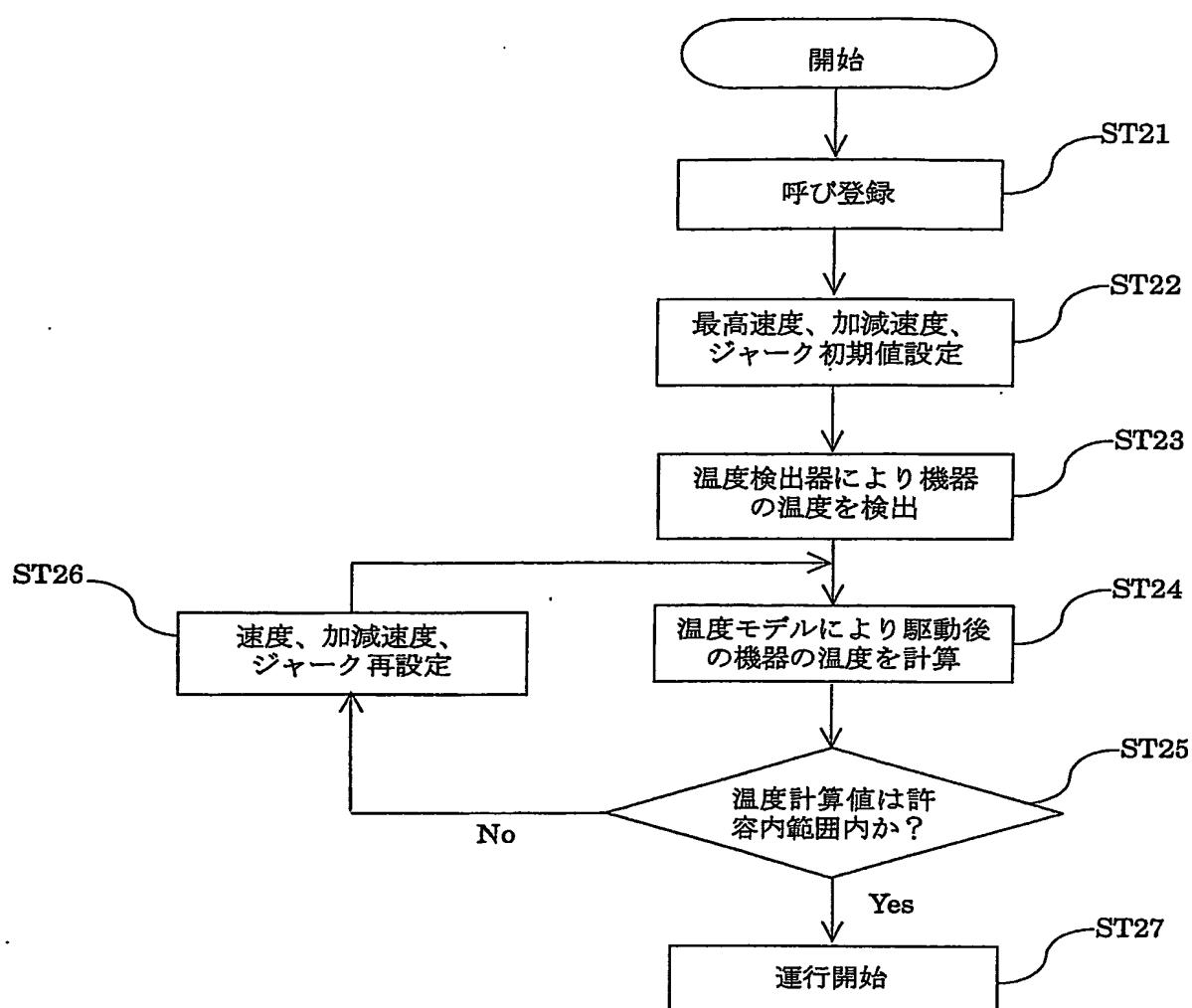
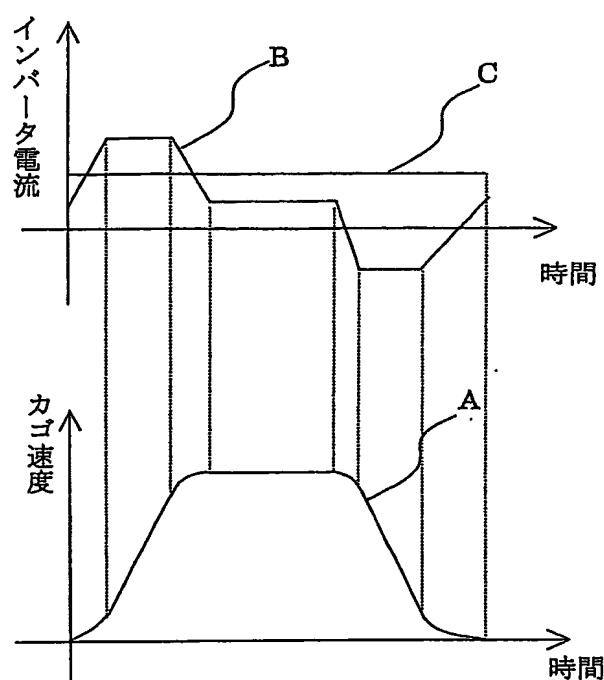


図 3



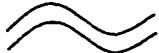
## 図 4

1 0移動距離 L<sub>1</sub>

	( $\alpha_{1\_1}, \beta_{1\_1}, v_{1\_1}$ )	( $\alpha_{2\_1}, \beta_{2\_1}, v_{2\_1}$ )	...	( $\alpha_{M\_1}, \beta_{M\_1}, v_{M\_1}$ )
H <sub>1</sub>	(W <sub>11_1</sub> , U <sub>11_1</sub> )	(W <sub>12_1</sub> , U <sub>12_1</sub> )	...	(W <sub>1M_1</sub> , U <sub>1M_1</sub> )
H <sub>2</sub>	(W <sub>21_1</sub> , U <sub>21_1</sub> )	(W <sub>22_1</sub> , U <sub>22_1</sub> )	...	(W <sub>2M_1</sub> , U <sub>2M_1</sub> )
...	...	...	...	...
H <sub>N</sub>	(W <sub>N1_1</sub> , U <sub>N1_1</sub> )	(W <sub>N2_1</sub> , U <sub>N2_1</sub> )	...	(W <sub>NM_1</sub> , U <sub>NM_1</sub> )

移動距離 L<sub>2</sub>

	( $\alpha_{1\_2}, \beta_{1\_2}, v_{1\_2}$ )	( $\alpha_{2\_2}, \beta_{2\_2}, v_{2\_2}$ )	...	( $\alpha_{M\_2}, \beta_{M\_2}, v_{M\_2}$ )
H <sub>1</sub>	(W <sub>11_2</sub> , U <sub>12_2</sub> )	(W <sub>12_2</sub> , U <sub>12_2</sub> )	...	(W <sub>1M_2</sub> , U <sub>1M_2</sub> )
H <sub>2</sub>	(W <sub>21_2</sub> , U <sub>21_2</sub> )	(W <sub>22_2</sub> , U <sub>22_2</sub> )	...	(W <sub>2M_2</sub> , U <sub>2M_2</sub> )
...	...	...	...	...
H <sub>N</sub>	(W <sub>N1_2</sub> , U <sub>N1_2</sub> )	(W <sub>N2_2</sub> , U <sub>N2_2</sub> )	...	(W <sub>NM_2</sub> , U <sub>NM_2</sub> )

移動距離 L<sub>p</sub>

	( $\alpha_{1\_p}, \beta_{1\_p}, v_{1\_p}$ )	( $\alpha_{2\_p}, \beta_{2\_p}, v_{2\_p}$ )	...	( $\alpha_{M\_p}, \beta_{M\_p}, v_{M\_p}$ )
H <sub>1</sub>	(W <sub>11_p</sub> , U <sub>11_p</sub> )	(W <sub>12_p</sub> , U <sub>12_p</sub> )	...	(W <sub>1M_p</sub> , U <sub>1M_p</sub> )
H <sub>2</sub>	(W <sub>21_p</sub> , U <sub>21_p</sub> )	(W <sub>22_p</sub> , U <sub>22_p</sub> )	...	(W <sub>2M_p</sub> , U <sub>2M_p</sub> )
...	...	...	...	...
H <sub>N</sub>	(W <sub>N1_p</sub> , U <sub>N1_p</sub> )	(W <sub>N2_p</sub> , U <sub>N2_p</sub> )	...	(W <sub>NM_p</sub> , U <sub>NM_p</sub> )

図 5

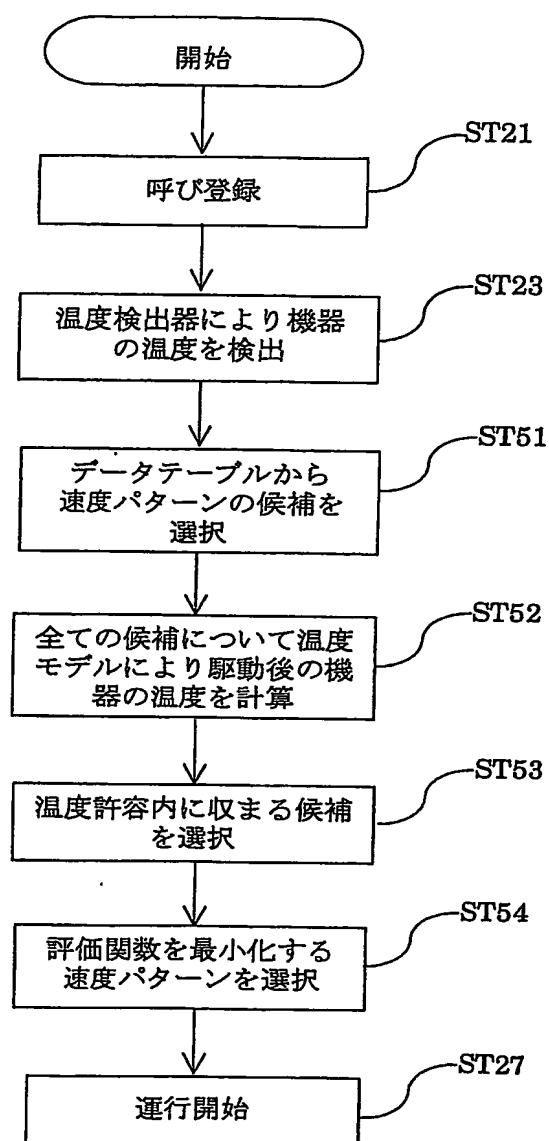


図 6

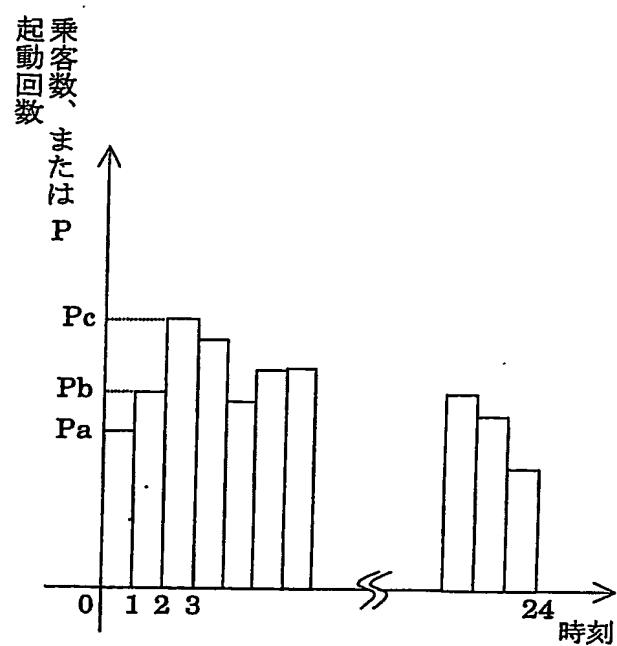


図 7

20  
↓

運行モード1

	L1	L2	...	Lp
H1	( $\alpha_{11\_1}$ , $\beta_{11\_1}$ , $v_{11\_1}$ )	( $\alpha_{12\_1}$ , $\beta_{12\_1}$ , $v_{12\_1}$ )	...	( $\alpha_{1p\_1}$ , $\beta_{1p\_1}$ , $v_{1p\_1}$ )
H2	( $\alpha_{21\_1}$ , $\beta_{21\_1}$ , $v_{21\_1}$ )	( $\alpha_{22\_1}$ , $\beta_{22\_1}$ , $v_{22\_1}$ )	...	( $\alpha_{2p\_1}$ , $\beta_{2p\_1}$ , $v_{2p\_1}$ )
...	...	...	...	...
HN	( $\alpha_{1N\_1}$ , $\beta_{1N\_1}$ , $v_{1N\_1}$ )	( $\alpha_{2N\_1}$ , $\beta_{2N\_1}$ , $v_{2N\_1}$ )	...	( $\alpha_{Np\_1}$ , $\beta_{Np\_1}$ , $v_{Np\_1}$ )

運行モード2

	L1	L2	...	Lp
H1	( $\alpha_{11\_2}$ , $\beta_{11\_2}$ , $v_{11\_2}$ )	( $\alpha_{12\_2}$ , $\beta_{12\_2}$ , $v_{12\_2}$ )	...	( $\alpha_{1p\_2}$ , $\beta_{1p\_2}$ , $v_{1p\_2}$ )
H2	( $\alpha_{21\_2}$ , $\beta_{21\_2}$ , $v_{21\_2}$ )	( $\alpha_{22\_2}$ , $\beta_{22\_2}$ , $v_{22\_2}$ )	...	( $\alpha_{2p\_2}$ , $\beta_{2p\_2}$ , $v_{2p\_2}$ )
...	...	...	...	...
HN	( $\alpha_{1N\_2}$ , $\beta_{1N\_2}$ , $v_{1N\_2}$ )	( $\alpha_{2N\_2}$ , $\beta_{2N\_2}$ , $v_{2N\_2}$ )	...	( $\alpha_{Np\_2}$ , $\beta_{Np\_2}$ , $v_{Np\_2}$ )



運行モードq

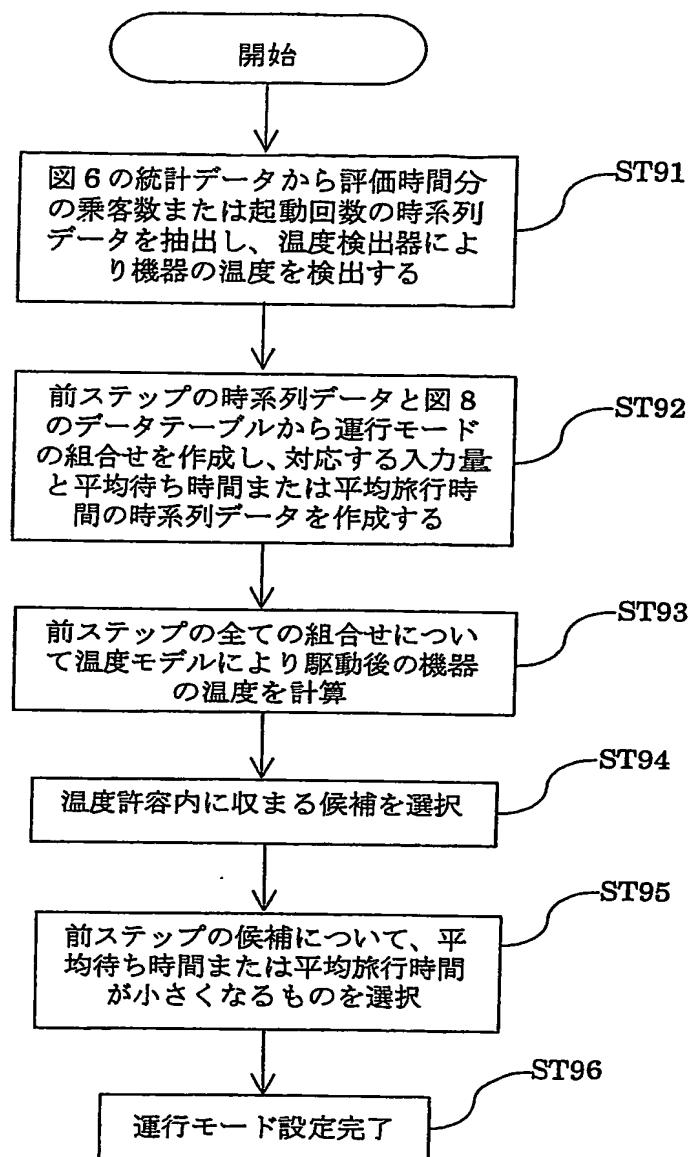
	L1	L2	...	Lp
H1	( $\alpha_{11\_q}$ , $\beta_{11\_q}$ , $v_{11\_q}$ )	( $\alpha_{12\_q}$ , $\beta_{12\_q}$ , $v_{12\_q}$ )	...	( $\alpha_{1p\_q}$ , $\beta_{1p\_q}$ , $v_{1p\_q}$ )
H2	( $\alpha_{21\_q}$ , $\beta_{21\_q}$ , $v_{21\_q}$ )	( $\alpha_{22\_q}$ , $\beta_{22\_q}$ , $v_{22\_q}$ )	...	( $\alpha_{2p\_q}$ , $\beta_{2p\_q}$ , $v_{2p\_q}$ )
...	...	...	...	...
HN	( $\alpha_{1N\_q}$ , $\beta_{1N\_q}$ , $v_{1N\_q}$ )	( $\alpha_{2N\_q}$ , $\beta_{2N\_q}$ , $v_{2N\_q}$ )	...	( $\alpha_{Np\_q}$ , $\beta_{Np\_q}$ , $v_{Np\_q}$ )

## 図 8

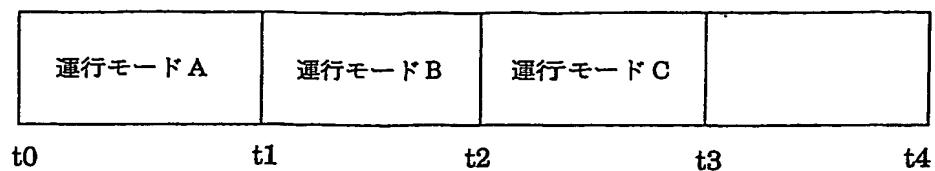
3 0

	運行モード 1	運行モード 2	...	運行モード q
P1	(w <sub>11</sub> , Q <sub>11</sub> )	(w <sub>12</sub> , Q <sub>12</sub> )	...	(w <sub>1q</sub> , Q <sub>1q</sub> )
P2	(w <sub>21</sub> , Q <sub>21</sub> )	(w <sub>22</sub> , Q <sub>22</sub> )	...	(w <sub>2q</sub> , Q <sub>2q</sub> )
...	...	...	...	...
Pn	(w <sub>n1</sub> , Q <sub>n1</sub> )	(w <sub>n2</sub> , Q <sub>n2</sub> )	...	(w <sub>nq</sub> , Q <sub>nq</sub> )

図 9



## 図 10



10/10